



DEPARTMAN ZA
INŽENJERSTVO
ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE I
ZAŠTITE NA RADU

dr Dragan Adamović, vanredni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

UPRAVLJANJE KVALITETOM VODA I METODE REMEDIJACIJE SEDIMENTA

SEDIMENT KAO SEKUNDARNI IZVOR EMISIJE POLUTANATA

- Sediment predstavlja čvrstu, dinamičku komponentu svih akvatičnih sistema koja zbog naglašene tendencije visoko kumulativnih i sorpcionih procesa je rezervoar LP&EoP prirodnog i dominantno antropogenog porekla
- Bazalni konstitutivni segmenti sedimenta su organska i neorganska frakcija. Integralni deo sedimenta čini porna (intersticijalna) voda koja se definiše kao voda koja se nalazi u intersticijalnom prostoru između čestica sedimenta, zauzimajući od 30 do 70 % zapremine sedimenta.
- Porna voda je relativno statična u sedimentu, te se može posmatrati fizičko-hemijski sastav kao rezultat ravnotežnih interakcija, od kojih su najznačajniji sorpcija i raspodela, između vode u porama sedimenta i površine čestica čvrste faze

SEDIMENT KAO SEKUNDARNI IZVOR EMISIJE POLUTANATA

Sastav i klasifikacija sedimenta

Sediment se sastoji od svih detritalnih, neorganskih ili organskih čestica koji se nalaze na dnu vodenog tela.

Prema veličini i obliku čestica Wentworth je (1922) predložio klasifikaciju klastičnih sedimentata u akvatičnim sistemima. Wentworth skala se i danas koristi za klasifikaciju veličine čestica sedimenta, pri čemu u realnim uslovima uzorci abiotskog matriksa najčešće čine kombinaciju frakcija čestica.

Opšta kategorija	Tip	Veličine čestica (mm)
Šljunak	Veliki kamen	> 256
	Kaldrma	64 - 256
	Krupan šljunak	4 - 64
	Zrnca	2 - 4
Pesak	Krupan pesak	1 - 2
	Sitniji pesak	0,5 - 1
	Sitan pesak	0,25 - 0,5
	Fini pesak	0,125 - 0,25
	Veoma fini pesak	0,0625 - 0,125
Blato	Mulj	0,004 - 0,0625
	Glina	0,0002 - 0,0039
Koloid		<0,0002

SEDIMENT KAO SEKUNDARNI IZVOR EMISIJE POLUTANATA

Akvatični sediment kao stanište

- Pored svih do sada opisanih funkcija koje sediment kao abiotski medijum životne sre dine ima, kao najvažniju treba istaći da sediment predstavlja stanište mnogobrojnim akvatičnim organizmima i smatra se važnim izvorom nutrijenata. Takođe, dinamika sedimenta (erozija, sedimentacija i gradijenti) stvara povoljne uslove za raznolikost sredine (biodiverzitet)
- Faunu dna čine organizmi koji nastanjuju akvatične sedimente i usvajaju hranu, što ih čini maksimalno izloženim potencijalno toksičnim lipofilnim supstancama asociranim za čestice sedimenta. Bentosne inver tebrate (vodeni beskičmenjaci) su akvatični organizmi koji često jedan deo svog životnog ciklusa provedu na dnu akvatičnih staništa (detritus, makrofite, filamentozne alge) i promene abiotičkih i biotičkih faktora okruženja različito utiču na njihove životne cikluse.
- Kvalitativni i kvantitativni sastav biocenoze, uslovljen prirodnim i antropogenim uticajem, rečnog dna u velikoj je meri određen faktorima staništa, kao što su granulometrijske karakteristike podloge, brzina strujanja vode, fizičke i hemijske osobine vode, kvalitet sedimenta itd.

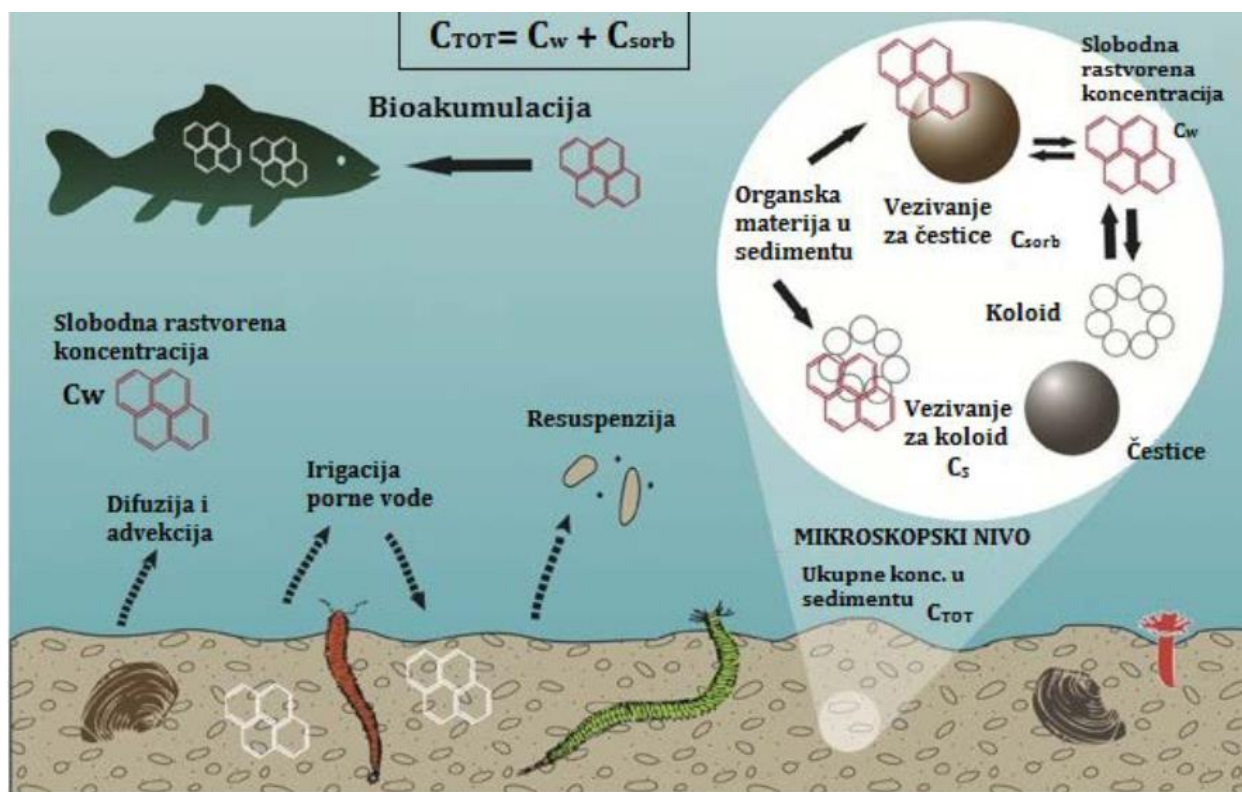
SEDIMENT KAO SEKUNDARNI IZVOR EMISIJE POLUTANATA

Kontaminacija akvatičnog sedimenta

- Dinamika sedimenta uslovljena je različitim procesima u okviru rečnog sliva, što dovede do „migriranja“ kontaminanata vezanih za sediment. Usled različitih transportnih mehanizama dolazi do potencijalne resuspenzije zagađujućih materija, njihovog transporta u različite susedne biotske i abiotske medijume. Sa druge strane, toksičnost polutanata može da se izmeni nakon desorpcije i/ili hemijskom interakcijom sa jedinjenjima prisutnim u akvatičnoj sredini. Na taj način oslobođeni lipofilni organski i drugi polutanti predstavljaju još veći rizik po biotu.
- Pojedina jedinjenja koja mogu imati negativno dejstvo na opstanak, rast i razvoj organizama akvatične sredine prirodnim putem dospevaju ili su prisutni u sedimentu.
- Najviše koncentracije takvih polutanata u sedimentu najčešće se nalaze blizu urbanih ili industrijalizovanih područja.
- Procena da li polutanti u sedimentu predstavljaju rizik od toksičnosti po vodeni svet, kao i identifikovanje izvora kontaminacije jedni su od najvažnijih faktora u odlučivanju da li sediment na targetnoj lokaciji zahteva remedijaciju ili ne.

RAVNOTEŽNI PROCESI U REALNOM HETEROGENOM SISTEMU VODA-SEDIMENT

Koncentracija polutanata u sistemu voda-sediment zavisi od unete količine jedinjenja u akvatičnu sredinu, kao i od procesa koji se odvijaju unutar sredine. Fizičko-hemijske karakteristike jedinjenja definišu afinitet molekula ka svakoj od faza na osnovu čega se transportnim mehanizmima raspodeljuju.



Konceptualni prikaz kretanja kontaminacije u sedimentu

RAVNOTEŽNI PROCESI U REALNOM HETEROGENOM SISTEMU VODA-SEDIMENT

- Ponašanje organskih polutanata u sistemu voda-sediment je uglavnom uslovljeno fizičkim i hemijskim osobinama tih jedinjenja i kompleksnim procesima, od kojih su najvažniji sorpcija i raspodela
- Adsorpcioni proces predstavlja najvažniji interakcioni fenomen voda-sediment kojim površina čvrste faze sedimenta utiče na sudbinu organskih polutanata. Aktivna površina kontroliše kvantitet slobodnih organskih jedinjenja u rastvoru i tako određuje koncentraciju, mobilnost i biodostupnost. Intenzitet adsorpcije zavisi od sastava, teksture, strukture i poroznosti sedimenta, sadržaja organske materije, vlage, kao i varijabilnosti istih veličina.
- Sorpciono-desorpcioni transformacioni mehanizmi, kao deo hemodinamike organskih polutanata, nastaju usled narušavanja ravnoteže uspostavljene u sistemu.

RAVNOTEŽNI PROCESI U REALNOM HETEROGENOM SISTEMU VODA-SEDIMENT

- Transformacioni proces označava promenu u ciljanom organskom polutantu, usled dodavanja i/ili uklanjanja funkcionalne grupe, pregrupisanja, razlaganja ili stvaranja novih veza.
- Sorpciono-desorpcioni transformacioni proces nije uvek i degradacioni proces, ali je često korak pred degradaciju, jer potencijalno predstavlja modifikaciju ciljanog polutanta pre njegove konačne mineralizacije
- Sorpciono-desorpcioni mehanizam je dominantan transformacioni proces koji se odigrava na granici faza. Većina transformacija i reakcija polutanata koje se odigravaju u vodenoj fazi odigravaju se na faznim prelazima, kao što je vazduh-voda ili voda-sediment.
- Sorpcija na čvrstoj fazi može promeniti konfiguraciju ili energetski status molekula organskog polutanta i dovesti do zaustavljanja odigravanja reakcija.

RAVNOTEŽNI PROCESI U REALNOM HETEROGENOM SISTEMU VODA-SEDIMENT

- Nekoliko tipova sorpcionih mehanizama često se odigravaju simultano u adsorptivnim interakcijama na dodiru voda-sediment. Smatra se da su najčešći jonsko vezivanje, vodonične veze i Van der Walsove interakcije, mada su mogući i elektron donorski-elektron akceptorski proces, kovalentno vezivanje (hemijski ili enzimski posredovan) i hidrofobno vezivanje
- Prosesi raspodele polutanata dešavaju se između vode i čvrste faze sedimenta, ali i između različitih čvrstih frakcija sedimenta. Naime, istraživanja su pokazala da se organski polutanti ne ponašaju u vodenim sistemima strogo onako kakose može predvideti na osnovu koeficijenta raspodele oktanol-voda, već da se često javlja interferencijski uticaj specifičnih karakteristika prirodne ili antropogene organske i neorganske materije u čvrstoj fazi.
- U sedimentu, pretpostavlja se da je particija nepolarnih organskih jedinjenja između organskog ugljenika i porne vode u ravnoteži.
- Fugacitet (aktivnost jedinjenja) pri uspostavljenoj ravnoteži u svakoj fazi je jednak.

RAVNOTEŽNI PROCESI U REALNOM HETEROGENOM SISTEMU VODA-SEDIMENT

- Pristup ravnotežne raspodele koristi teoriju raspodele da bi povezao koncentracije u sedimentu po suvoj masi pojedinog jedinjenja koje izaziva negativan biološki efekatsa ekvivalentnom koncentracijom slobodnog jedinjenja u pornoj vodi i koncentracijom sorbovanom za organski ugljenik i sulfide u sediment
- Teorija raspodele testiranjem je potvrđena samo za LOPkoji imaju oktanol-voda koeficijent raspodele (K_{OW}) između 3,8 i 5,3. Mehanizmi koji kontrolišu raspodelu nepolarnih organskih jedinjenja sa opsegom $2,0 < \log K_{OW} < 5.5$ u sedimentu i efekti njihove toksičnosti na bentične organizme za sada su slabo poznati. Iz tog razloga, model ravnotežne raspodele ne može sa dovoljnom sigurnošću da se koristi za predikciju bioloških efekata navedene grupe jedinjenja.
- Prema EPA smernicama (2004) ravnotežni model particije LOPu sedimentu primenjuje se jer omogućuje predikciju koncentracije polutanata u sedimentu koje štite bentosne akvatične organizme od direktne toksičnosti izazvane prisustvom polutanta (ili više kontaminanata u slučaju kada se nalaze u grupi sa PAHs

RAVNOTEŽNI PROCESI U REALNOM HETEROGENOM SISTEMU VODA-SEDIMENT

- Koeficijent raspodele jedinjenja između intersticijalne vode i organskog ugljenika sedimenta definisana je koeficijentom raspodele jedinjenja između sedimenta i porne vode, (K_{sw} [L/kg]) što je jednako sadržaju organskog ugljenika (f_{oc}) pomnoženog sa koeficijentom raspodele organskog jedinjenja između organskog ugljenika i vode (K_{oc}).

$$K_{sw} = f_{oc} K_{oc}$$

- K_{sw} je odnos koncentracije jedinjenja u sedimentu i slobodne rastvorene koncentracije jedinjenja u pornoj vodi.

$$K_{sw} = C_s / C_w$$

U tom slučaju, koncentracija jedinjenja u česticama sedimenta (C_s) jednaka je proizvodu rastvorene koncentracije jedinjenje u pornoj vodi (C_w), sadržaja organskog ugljenika u sedimentu (f_{oc}) i K_{oc} kada je f_{oc} veće od 0,2 % (USEPA, 2004):

$$C_s = C_w f_{oc} K_{oc}$$

RAVNOTEŽNI PROCESI U REALNOM HETEROGENOM SISTEMU VODA-SEDIMENT

- Dobre linearne korelacije između K_{OC} i K_{OW} određene su za velik broj nepolarnih organskih jedinjenja, uključujući pesticide, fenole, PCBs PAHs i halogenovane alkane i benzene, za različite tipove sedimenta. Korelacija između koeficijenta raspodele K_{OC} i koeficijenta raspodele jedinjenja oktanol-voda (K_{OW}) definisana je sledećom jednačinom (USEPA, 2004):

$$\log K_{OC} = 0,00028 + 0,983 (\log K_{OW})$$

- Na taj način koeficijent raspodele oktanol-voda svakog polutanta može prediktovati verovatnoću kojom će se polutanat „kompleksirati“ ili sorbovati na organski ugljenik. Ovako definisan koeficijent raspodele KOC, normalizovan na sadržaj organskog ugljenika, trebao bi da predstavlja konstantu za ispitivano jedinjenje, odnosno trebao bi da predstavlja karakteristiku samog jedinjenja i ima iste vrednosti za jedinjenje na sedimentima sa različitim sadržajem organske materije.

METODOLOGIJA MONITORINGA MEDIJUMA ŽIVOTNE SREDINE

- Sadašnja praksa monitoringa zagađujućih materija u sedimentu i površinskim vodama podrazumeva uzorkovanje na licu mesta (boca/zahvat) i laboratorijske analize. Osnovni nedostaci konvencionalnih metoda uzorkovanja jesu ekonomski troškovi (radna snaga/transport), rezultati koji daju praktično samo "snimak" zagađenja u trenutku uzorkovanja, nereprezentativnost rezultata (u slučajevima kada nivo zagađenja osciluje), često se ne postigne potrebna osetljivost tokom analitičkog postupka.
- Kako bi se prevazišli navedeni problemi, pojavila se potreba za razvojem i implementacijom alternativnih metoda uzorkovanja. Jedna od najsavremenijih alternativnih tehnika je pasivna metodologija uzorkovanja.
- Pasivno uzorkovanje predstavlja metodu koja svojim osnovnim karakteristikama pruža niz prednosti, kako u analitičkim tako i u praktičnim okvirima istraživačkog rada. Osnovne karakteristike metode uzorkovanja su jednostavna konstrukcija uređaja, niska cena, tehička jednostavnost u radu, mogućnost kontinualnog rada tokom dužeg vremenskog perioda kao i da pasivnim uzorkivačima za rad nije potrebna električna energija. Danas, ovi uređaji predstavljaju deo razvojne strategije monitoringa velikog broja prioriternih, perzistentnih i emergentnih supstanci.

METODOLOGIJA MONITORINGA MEDIJUMA ŽIVOTNE SREDINE

- Pasivni uzorkivači se mogu primenjivati u većini akvatičnih sistema (slatkih i slanih), kao i u okviru tretmana vode, gde su pogodni za monitoring čitavog ciklusa obrade, čak i u udaljenim područjima sa minimalnom infrastrukturom. Pasivno uzorkovanje ima primenu i u segmentu ekstrakcije sedimenta, omogućujući procenu stepena kontaminacije vode u sedimentnim porama i biodostupnih koncentracija polutanata u sedimentnim sistemima.
- Pasivno uzorkovanje je tehnika koja se relativno jednostavno primenjuje za monitoring sedimenta, bazirana na uzorkivačima koji često sadrže pojedinačne polimerne sorbcione medijume. Pasivni uzorkivači doprinose i porastu stepena senzitivnostikasnijih analitičkih metoda, s obzirom na to da se unutar polimernog sorpcionog medijuma vrši pre-koncentrovanje i čuvanje analita. Za razliku od mnogih konvencionalnih metoda, to omogućuje povećanje stepena osetljivosti za širok opseg komponenata i poboljšanje stabilnosti analita unutar uzorka, bez dodatnih tretmana (podešavanja pH vrednosti, itd.).

PASIVNA METODOLOGIJA UZORKOVANJA SEDIMENTA

- Pasivne metode uzorkovanja (eng. Passive Sampling Methods, PSM) omogućuju kvantifikaciju slobodnih rastvorenih koncentracija (CW) organskih polutanata u vodi čak i u kompleksnim matriksima kao što je sediment.
- Slobodne rastvorene koncentracije su direktno povezane sa hemijskom aktivnošću polutanata koje pokreću spontane procese uključujući usvajanje od strane bentosnih organizama putem difuzije i razmenu između različitih slojeva vodene kolone. Iz tog razloga CW obezbeđuju relevantnije metričke doze od ukupnih koncentracija u sedimentu.
- U novije vreme razvoj pasivnih uzorkivača značajno je unapredio mogućnost detekcije i kvantifikacije čak i vrlo niskih koncentracionih nivoa CW.
- Primena pasivnih uzorkivača za monitoring sedimenta češće se primenjuje u ravnotežnom režimu gde su slobodne rastvorene koncentracije u sedimentu u dobroj korelaciji sa izmerenim koncentracijama u uzorkivaču, baziranoj na koeficijentima particije specifičnim za svaki analit.

PASIVNA METODOLOGIJA UZORKOVANJA SEDIMENTA

- Uzorkovanje u kinetičkom režimu je takođe moguće i generalno uključuje primenu referentnih komponenata za kalibraciju. Na osnovu dosadašnjih istraživanja lipofilnih organskih polutanata zaključeno je da C_{free} omogućuje direktnu procenu
- Razmene polutanata i ravnotežni status između sedimenta i okolnog akvatičnog medijuma
- Bioakumulacije bentosnih organizama
- Potencijalno toksično dejstvo jedinjenja na bentosne organizme

Upotreba PSM za merenje slobodnih rastvorenih koncentracija obezbeđuje unapređenu osnovu za razumevanje mehanizamasudbine i transportnih procesa u sedimentu i potencijalno značajno unapređuje procenu rizika i menadžment LOP u kontaminiranim sedimentima.

RAVNOTEŽNI REŽIM PASIVNE METODOLOGIJE UZORKOVANJA (MR-EPS METODA)

- Koncentracija slobodna rastvorenih lipofilnih kontaminanata u pornoj vodi sedimenta (CW) se pokazala kao dobar prediktor za određivanje koncentracije u bentosnim organizmima.
- Drugi parametar relevantan za raspoloživost kontaminanata unetih od strane organizma u sediment je tzv. dostupnaili potencijalno oslobođena koncentracija u sedimentu (CAS).
- Za sisteme koji prate teoriju ravnotežneparticije , Raichemberg i Mayer (2006) koriste dva parametra:
 - ✓ (1) hemijsku aktivnost jedinjenja i
 - ✓ (2) dostupnost kako bi se objasnila bioraspoloživost.
- Razlika u hemijskoj aktivnosti predstavlja pokretačku snagu za transport kontaminanata između dve heterogene faze. Slobodna rastvorena koncentracija u vodenoj fazi je direktno proporcionalna hemijskoj aktivnosti.

RAVNOTEŽNI REŽIM PASIVNE METODOLOGIJE UZORKOVANJA (MR-EPS METODA)

- Za razvoj modela razmene uzorkivač-sediment, definiše se dostupna koncentracija kontaminanta u sedimentu (C_{AS}) koja prati linearnu sorpcionu izotermu. Koncentracija u pornoj vodi može se izraziti kao:

$$C_W = C_{AS} / K_{asw} \quad (1)$$

de je K_{asw} (L/kg) particioni koeficijent voda-sediment u dostupnom delu. Dodatak polimernog uzorkivača rezultira smanjenjem vrednosti C_{AS} i C_W . Kada se uspostavi ravnoteža, kontaminant se distribuira prema:

$$\frac{N_p}{N_{AS,0}} = \frac{m_p K_{pw}}{m_s K_{asw} + m_p K_{pw}} \quad (2)$$

Gde je: N_p je količina kontaminanta u uzorkivaču,

$N_{AS,0}$ je početna vrednost količine kontaminanta u dostupnom delu sedimenta,

m_p i m_s su mase uzorkivača i sedimenta, respektivno (kg) i

K_{pw} je particioni koeficijent uzorkivač-vode (L/kg).

RAVNOTEŽNI REŽIM PASIVNE METODOLOGIJE UZORKOVANJA (MR-EPS METODA)

- Proizvod mase i particionog koeficijenta (npr. $mPKOW$) ima jedinicu zapremine i može se tumačiti kao ekvivalent zapremine vode koja sadrži istu količinu kontaminanta kao i masa polimera.
- Brojilac na desnoj strani porthodne jednačine predstavlja ekvivalentnu zapreminu vode za uzorkivač, dok imenilac predstavlja ekvivalentnu zapreminu vode za uzorkivač i sediment zajedno.
- Vodena faza nije uključena u imenilac zbog zanemarljivog kapaciteta u poređenju sa drugim segmentima.
- Količine sa leve strane jednačine mogu se konvertovati u koncentracije zamenuom $N_p = m_p C_p$, $N_{AS,0} = m_s C_{AS,0}$, gde je C_p koncentracija u polimeru i $C_{AS,0}$ je početna dostupna koncentracija u sedimentu.

RAVNOTEŽNI REŽIM PASIVNE METODOLOGIJE UZORKOVANJA (MR-EPS METODA)

$$C_p = \frac{1}{\frac{1}{C_{w,0}K_{pw}} + \frac{m_p}{m_s C_{AS,0}}} \quad (3)$$

- Jednačina pokazuje da je C_p najveća kada je odnos m_p/m_s najniži i obrnuto.
- Zanemarljivo iskorištavanje dešava se kada $m_p/m_s \rightarrow 0$.
- U ovom slučaju, $C_p = K_{pw}C_{w,0}$.
- Maksimalno iskorištavanje javlja se kada $m_p/m_s \rightarrow \infty$.
- U ovom slučaju, $m_p C_p = m_s C_{AS,0}$ i sve dostupne komponente se prenose na polimere.
- $C_{w,0}$ i $C_{AS,0}$ mogu se proceniti uvođenjem C_p u funkciji od m_p/m_s korišćenjem regresije temeljene na kriterijumu nelinearnih najmanjih kvadrata (NLS).
- Prethodna jednačina može da se predstavi kao:

$$\frac{1}{C_p} = \frac{1}{C_{w,0}K_{pw}} + \frac{m_p}{m_s C_{AS,0}} \quad (4)$$

RAVNOTEŽNI REŽIM PASIVNE METODOLOGIJE UZORKOVANJA (MR-EPS METODA)

- Ravnotežni model distribucije može biti korišćen kako bi se predstavio uzorkivač-sedimet odnos i na taj način se dobili nivoi deplecije (iscrpljenja i smanjenja količine polutanta u sedimentu, D) u čitavom opsegu (od niskog do visokog).
- Usvajanjem odnosa prema Karickhoff (1979), K_{SW} može biti aproksimirano sa $0,63 f_{OC} K_{OW}$, gde f_{OC} predstavlja sadržaj organskog ugljenika u sedimentu.
- Uvođenjem pomenutog u jednačinu 2 i preuređivanjem, maseni odnosi uzorkivač-sedimet mogu biti izračunati za trenutno D pri jednakim odnosima $N_p/N_{S,0}$ korišćenjem formule (Smedes, i sar., 2013):

$$\frac{m_p}{m_s} = \frac{0,63 K_{OW} f_{OC}}{K_{PW} (1/D - 1)} \quad (5)$$

Gde je:

m_p/m_s je odnos mase uzorkovača i mase suvog sedimenta,

f_{OC} je frakcija organskog ugljenika u sedimentu,

K_{OW} i K_{PW} su koeficijenti oktanol-voda i polimer-voda, respektivno.

Proizvod od 0,63 i K_{OW} je koeficijent raspodele organskog ugljika i vode (K_{OC}) (Karickhoff, i sar., 1979).

RAVNOTEŽNI REŽIM PASIVNE METODOLOGIJE UZORKOVANJA (MR-EPS METODA)

- Pretpostavka da je K_{OC} u istom opsegu kao K_{pW} pojednostavljuje jednačinu 5:

$$\frac{m_P}{m_S} = \frac{f_{OC}}{(1/D - 1)} \quad (6)$$

- U idealnom slučaju, multi-odnosi prilikom pasivnog uzorkovanja (MR-PS) bili bi primenjeni za set D vrednosti u opsegu od 0,1 do 0,9. Postavljanje uslova prema opsegu, tj. odabira dva različita masena odnosa pri veoma niskom D opsegu, će dovesti do uspostavljanja ravnoteže (Smedes, i sar., 2013).



DEPARTMAN ZA
INŽENJERSTVO
ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE I
ZAŠTITE NA RADU

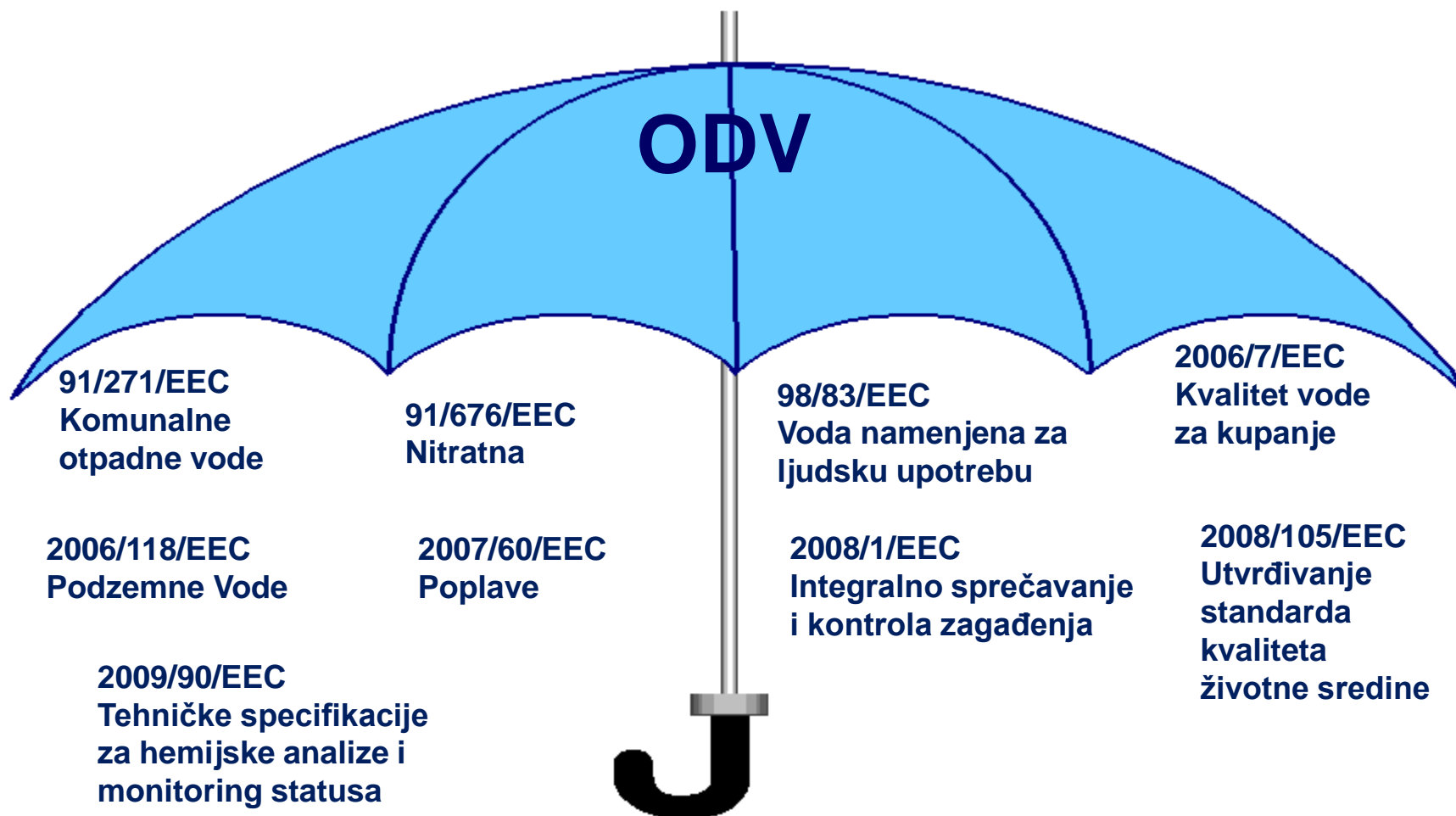
dr Dragan Adamović, vanredni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

UPRAVLJANJE KVALITETOM VODA I METODE REMEDIJACIJE SEDIMENTA

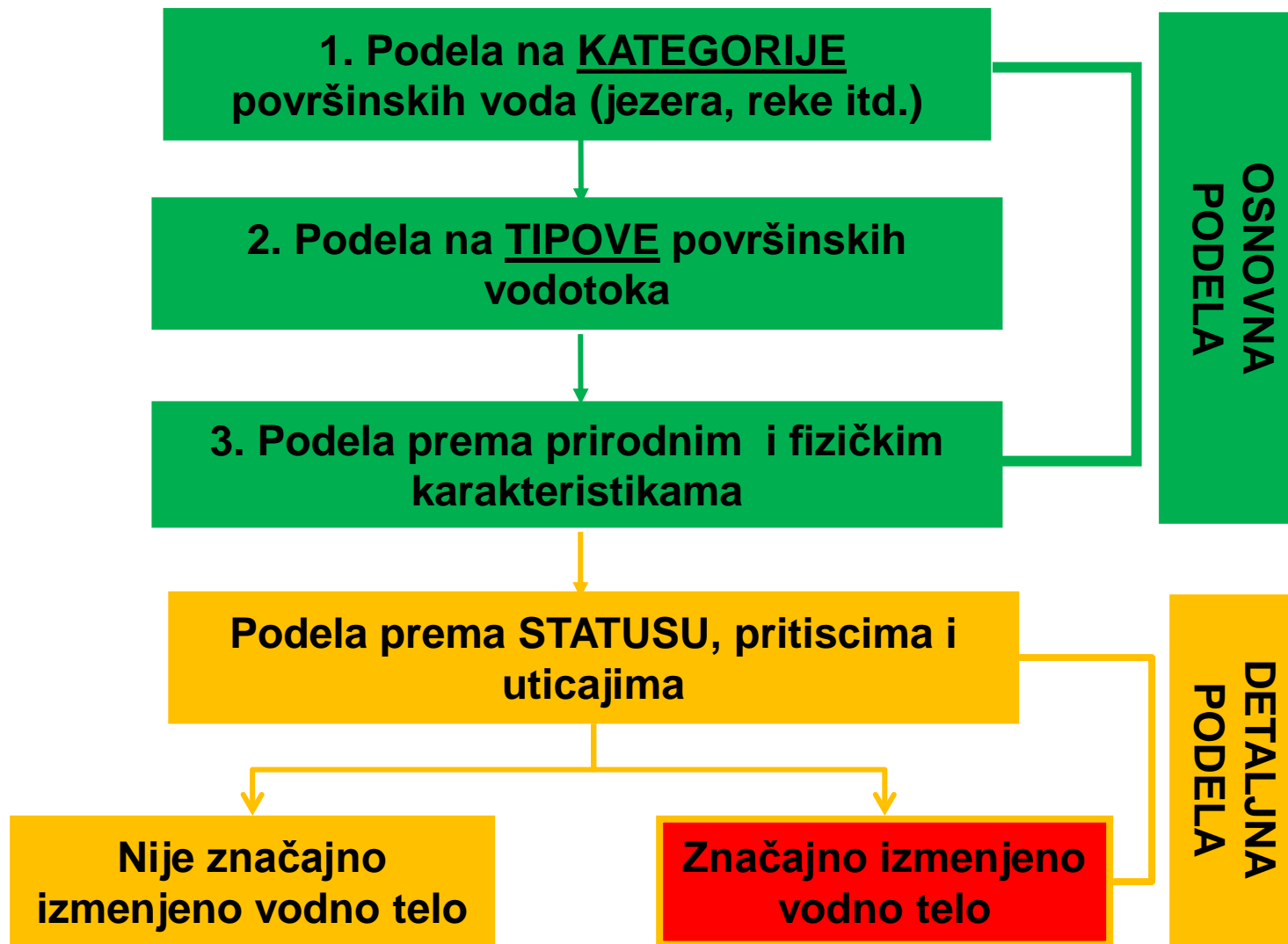
ODREĐIVANJE STATUSA POVRŠINSKIH I PODZEMNIH VODA

- ◆ **Vodno telo površinske vode** jeste poseban i značajan element površinske vode kao što je jezero, akumulacija, potok, reka ili kanal ili deo potoka, reke ili kanala
- ◆ **Vodno telo podzemne vode** jeste posebna zapremina podzemne vode unutar jednog ili više vodonosnih slojeva
- ◆ **Veštačko vodno telo** jeste telo površinske vode, stvoreno ljudskom aktivnošću
- ◆ **Značajno izmenjeno vodno telo** jeste telo površinske vode koje je, kao rezultat fizičkih izmena usled ljudske aktivnosti, bitno izmenjeno po svojim karakteristikama i razvrstano u skladu sa posebnim propisom

KRATAK PRIKAZ OSTALIH DIREKTIVA EU O VODAMA



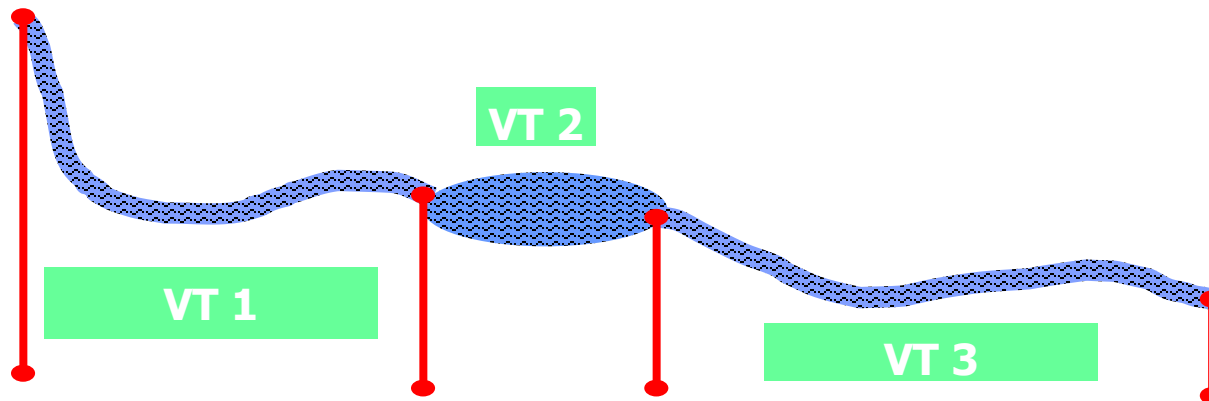
IDENTIFIKACIJA VODNIH TELA



IDENTIFIKACIJA VODNIH TELA

Pravila:

- Vodno telo ne sme da obuhvati različite kategorije površinskih voda.



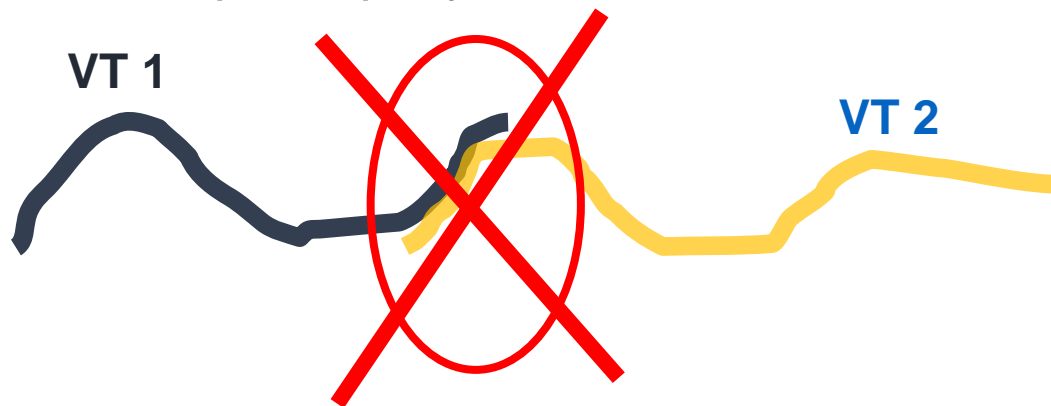
Vodno telo ne sme biti sastavljeno od elemenata površinske vode koji se međusobno ne dotiču



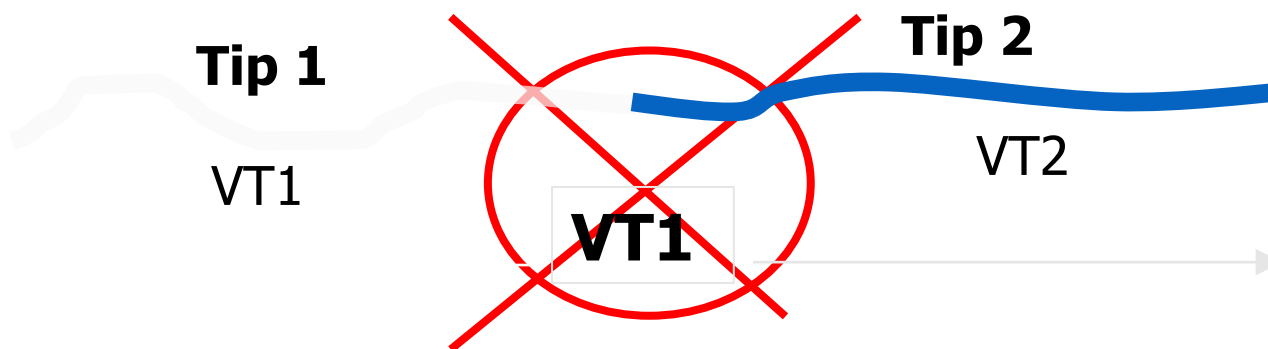
IDENTIFIKACIJA VODNIH TELA

Pravila (nastavak):

- Ne sme doći do preklapanja vodnih tela



- Vodno telo mora da pripada jednom tipu.



KLASIFIKACIJA VR PO UPOTREBNOJ VREDNOSTI VODE

Na osnovu Odluke objavljene u Službenom Glasniku Socijalističke Republike Srbije (3 Februar, 1968. godine), vode na teritoriji Republike Srbije (osim mineralne i termalne vode) su klasifikovane na osnovu stepena zagađenosti i nameni na sledeći način:

- ◆ **I klasa**- vode koje se u prirodnom stanju ili posle dezinfekcije mogu upotrebljavati ili iskorišćavati za snabdevanje naselja vodom za piće, u prehrambenoj industriji i za gajenje plemenitih vrsta riba (salmonidne)
- ◆ **II klasa** – vode koje su podesne za kupanje, rekreaciju i sportove na vodi, za gajenje manje plamanitih vrsta riba (ciprinida), kao i vode koje se uz normalne metode obrade (koagulacija, filtracija i dezinfekcija) mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom za piće i u prehrambenoj industriji. Klasa II je podeljena na sledeće potklase:
 - ◆ **II a**- vode koje se uz prthodno pomenute metode obrade mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom za piće, za kupanje i u prehrambenoj industriji
 - ◆ **II b** – vode koje se mogu upotrebljavati za sportove na vodi, rekreaciju i gajenje manje plemenitih vrsta riba (ciprinida) i za pojenje stoke
- ◆ **III klasa** – vode koje se mogu upotrebljavati za navodnjavanje i u industriji , osim u prehrambenoj.
- ◆ **IV klasa**- vode koje se mogu iskorišćavati ili upotrebljavati samo posle posebne obrade.
- ◆ Podela voda u klase i potklase vrši se na osnovu pokazatelja i njihovih graničnih vrednosti.

EKOLOŠKI I HEMIJSKI STATUS POVRŠINSKIH VODA I HEMIJSKI I KVANTITATIVNI STATUS PODZEMNIH VODA

Status voda podrazumeva određen kvalitet strukture i funkcionisanja vodenih ekosistema. On može biti odličan, dobar, umeren, slab i veoma loš.

Status voda se definiše **posebno** za površinske i **posebno** za podzemne vode Na osnovu Zakona o vodama, Čl.111:

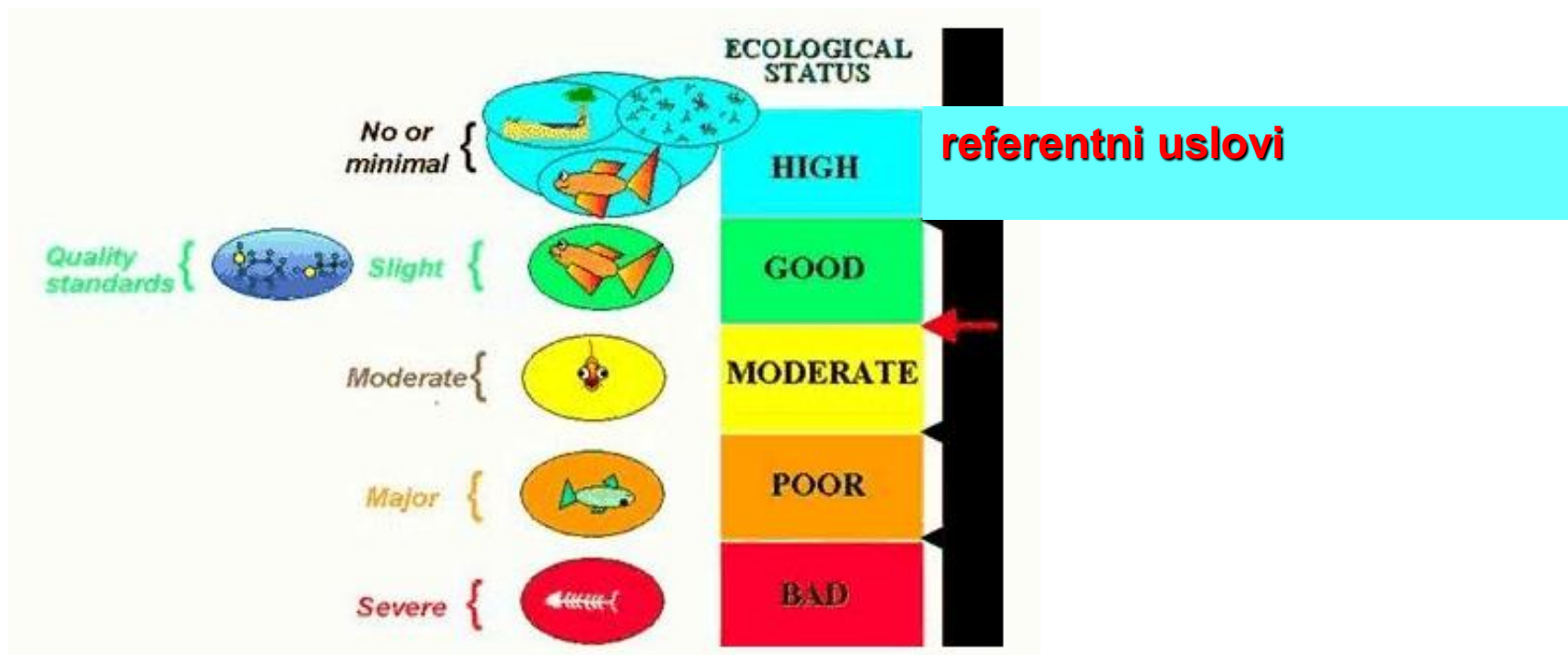
◆Radi zaštite i poboljšanja kvaliteta površinskih voda vrši se klasifikacija vodnih tela površinskih voda, u zavisnosti od njihovog ekološkog i hemijskog statusa.

◆Radi zaštite i unapređenja kvaliteta podzemnih voda vrši se klasifikacija vodnih tela podzemnih voda, u zavisnosti od njihovog kvantitativnog i hemijskog statusa.

◆Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda

Tipologija

Svrha tipologije – svrstati vodna tela površinskih voda u grupe – tipove za koje će se definisati tip specifičnih referentni uslovi u odnosu na koje će se vršiti procena statusa vodnih tela.



TIPOLOGIJA POVRŠINSKIH VODA

Svrha tipologije – svrstavanje vodnih tela površinskih voda u grupe – tipove za koje će se definisati tip specifičnih referentni uslovi u odnosu na koje će se vršiti procena statusa vodnih tela.

Na osnovu Zakona o vodama Republike Srbije, član 7, stav 2 vodna tela površinskih voda razvrstavaju se u tipove, na osnovu:

- ◆ obaveznih parametara (nadmorska visina, geografska širina i dužina, geologija, veličina sliva)
- ◆ izbornih parametara (udaljenost od izvora, morfološki parametri, oblik doline i drugo)

Tipologija površinskih voda u republici Srbiji je izvršena na sledeći način:

- ◆ Tip 1. - velike nizijske reke, dominacija finog nanosa
- ◆ Tip 2. - velike reke, dominacija srednjeg nanosa
- ◆ Tip 3. - male i srednje reke, nadmorske visine do 500 m.n.m, dominacija krupne podloge
- ◆ Tip 4. - male i srednje reke, nadmorske visine preko 500 m.n.m., dominacija krupne podloge
- ◆ Tip 5. - reke sa područja Panonske nizije, izuzev velikih nizijskih reka
- ◆ Tip 6. - male reke izvan područja Panonske nizije koje nisu obuhvaćene Tipom 3. i 4, kao i reke koji nisu obuhvaćene Pravilnikom o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda

KRITERIJUMI ZA UTVRĐIVANJE REFERENTNIH LOKALITETA

Hidromorfološki uslovi

- ◆ Nema objekata u koritu i na obali koji remete prirodan režim tečenja;
- ◆ Dno rečnog korita i obale su od prirodnog materijala;
- ◆ Rečni tok (podužni i poprečni profili) je neizmenjen usled antropogenih uticaja;
- ◆ Postoji lateralna veza i sloboda lateralnog kretanja, odnosno nema strukturalnih promena koje sprečavaju slobodno tečenje između glavnog toka i inundacije ili meandriranje reke u inundacionoj zoni;
- ◆ Slobodno tečenje i pronos nanosa rečnom koritu, odnosno nema strukturalnih promena u rečnom toku koje očigledno utiču na prirodno tečenje, pronos nanosa i biotu;
- ◆ Prisustvo prirodne vegetacije u priobalnoj zoni koja odgovara tipu i geografskoj lokaciji reke.

Fizičko – hemijski uslovi

- ◆ Nema koncentrisanih izvora zagađenja na lokalitetu;
- ◆ Nema koncentrisanih izvora eutrifikacije na lokalitetu;
- ◆ Nema i ne očekuju se uticaji iz rasutih izvora zagađenja;
- ◆ Uobičajeno prirodno opterećenje nutrijentima i specifičnim hemijskim supstancama koje su karakteristične za određeno slivno područje;
- ◆ Nema znakova acidifikacije;
- ◆ Nema narušavanja fizičkih uslova, posebno termalni uslovi moraju biti približno isti kao prirodni uslovi;
- ◆ Nema lokalnih narušavanja hemijskih uslova, a pre svega nema koncentrisanog izvora značajnog zagađenja, imajući u vidu kapacitet samoprečišćavanja vodnog tela;
- ◆ Nema koncentrisanih izvora nutrijenata;
- ◆ Nema saliniteta – nema i ne očekuju se zagađenja iz rasutih izvora; zahtevani minimum: zanemarljivo narušeni uslovi koji odgovaraju prirodnom opterećenju koje je karakteristično za dato vodno područje.

Biološki uslovi

- ◆ Zanemarljivo narušavanje (umanjenje) autohtone (domaće) biote usled prisustva riba, ljuskara, školjki ili bilo koje druge biljne i životinjske vrste;
- ◆ Zanemarljivo narušavanje autohtone (domaće) biote usled ribogojstva;
- ◆ Beznačajno narušavanje prirodnih uslova usled prisustva invazivnih biljnih i životinjskih vrsta (neophyta, neozoa).

Referentni lokalitet

NE

DA

UPOTREBA ISTORIJSKIH PODATAKA

UPOTREBA PALEONTOLOŠKIH PODATAKA

PROCENA STRUČNJAKA

CILJANA ISTRAŽIVANJA NA SEKTORIMA ZA DATI TIP VODA

KORIŠNENJE PODATAKA SA LOKALITETA KOJI SU SLIČNI TOM TIPU VODA I MODELIRATI REFERENTNE USLOVE

KOMBINACIJA PRETHODNO NABROJANIH METODA

UTVRĐIVANJE TIP
SPECIFIČNIH
REFERENTNIH
PARAMETARA

**PRAVILNIK O REFERENTNIM
USLOVIMA ZA TIPIOVE
POVRŠINSKIH VODA**
Službeni Glasnik RS 67/2011

REFERENTNI LOKALITETI POVRŠINSKIH VODA (SLIV KOLUBARE)



BELJANICA



GRADAC



STATUS POVRŠINSKIH VODA

U SRBIJI :
pravilnik o utvrđivanju vodnih tela SLG RS 96/2010
pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog
statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i
kvantitativnog statusa podzemnih voda
(SLGL RS74/2011)

HEMIJSKI STATUS

Prioritetne supstance
(Aneks X ODV)

- Zagađenje prioritnim supstancama za koje je utvrđeno da se ispuštaju u vodotok
- Zagađenje drugim supstancama koje su identifikovane da se upuštaju u značajnim količinama u vodotok (metali i organska jedinjenja)

Čl 7
u okviru hemijskog statusa
zagađenije drugim
supstancama su ustvari
specifični polutanti

Specifični polutanti
(Aneks VIII ODV)

Specifični parametri - 12
grupa jedinjenja
metali, biocidi,
suspendovane materije,
organohlorna,
organofosforna,
organokalajna, postojani
ugljovodonici,.. i dr.

EKOLOŠKI STATUS

Mikrobiološki
elementi

Biološki
elementi

- Sastav i
abundanca
akvatične flore
- Sastav i
abundanca
bentičkih
invertebrata
- Sastav,
abundanca i
starosna
struktura faune
riba

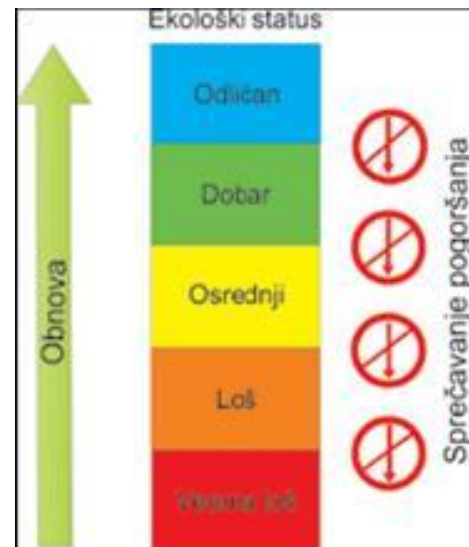
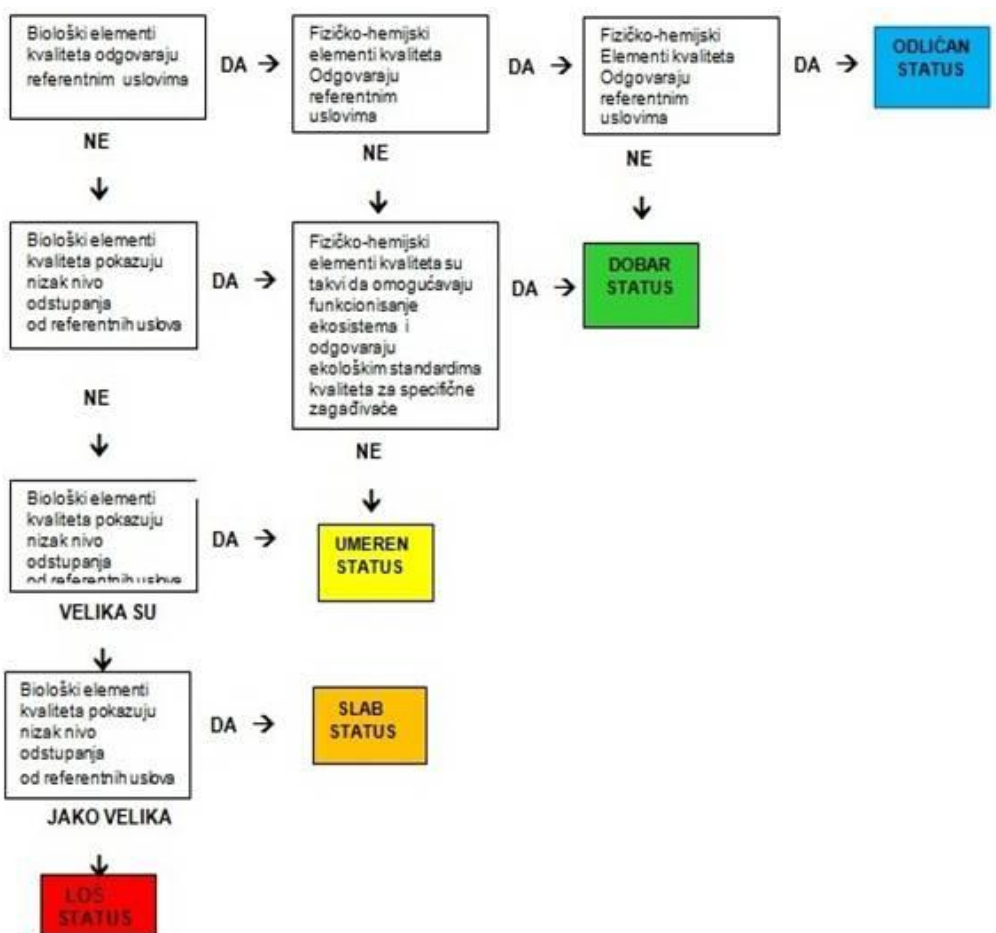
Prateći
fizičko-hemijski
elementi
(Aneks VIII ODV)

- Opšti parametri
- Temperatura
 - Režim kiseonika
 - Transparentnost
 - pH vrednost
 - Salinitet
 - Aciditet
 - Nutrijenti, idругo

Hidromorfološki
parametri od značaja
za dati tip

- Hidroliški režim
(količina vode,
dinamika toka,
povezanost sa
podzemnim vodama)
- Kontinuiranost
rečnog toka
(narušenost,
migracija akvatičnih
organizama)
- Morfološki uslovi
(oblik korita, širina i
dubina, stanje
rečnog dna, struktura
i stanje priobalja)

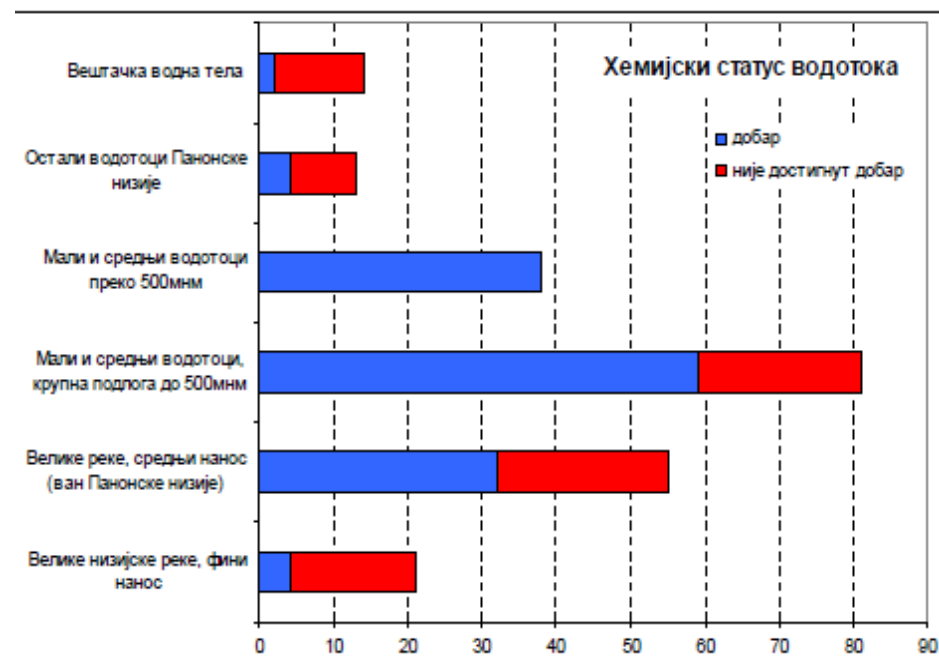
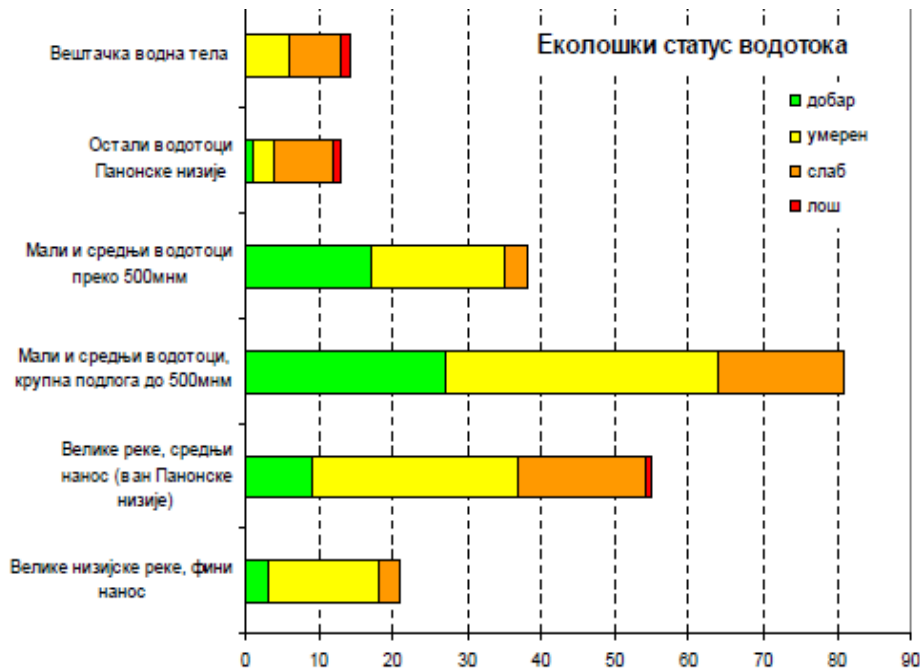
EKOLOŠKI STATUS POVRŠINSKIH VODA



GRANICE EKOLOŠKOG STATUSA ZA TIP 2 (velike reke, dominacija srednjeg nanosa)

Параметар	Јединице	Границе између класа еколошког статуса			
		I-II	II-III	III-IV	IV-V
ХЕМИЈКИ И ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ ПАРАМЕТРИ ОЦЕНЕ ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА					
рН вредност		6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	<6,5 ; >8,5
Растворени кисеоник	mg l ⁻¹	8,5	7,0	5,0	4,0
БПК ₅	mg l ⁻¹	1,8	4,5	6,0	20,0
Укупни органски угљеник (ТОС)	mg l ⁻¹	2,0	5,0	7,0	23,0
Амонијум јон (NH ₄ -N)	mg l ⁻¹	0,05	0,1	0,8	1,0
Нитрати (NO ₃ -N)	mg l ⁻¹	1,50	3,00	6,00	15,00
Ортофосфати (PO ₄ -P)	mg l ⁻¹	0,02	0,1	0,2	0,5
Укупни растворени фосфор (P)	mg l ⁻¹	0,05	0,2	0,4	1,0
БИОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ ОЦЕНЕ ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА					
водени макробескичмењаци					
сапробни индекс (метода Zelinka & Marvan)		2,00	2,50	3,00	3,20
BMWP скор		60,00	45,00	30,00	10,00
ASPT скор		6,00	5,00	4,00	3,00
индекс диверзитета (метода Shannon-Weaver)		2,20	1,50	1,20	0,50
укупан број таксона		17,00	10,00	9,00	5,00
BNBI индекс		3,50	2,80	2,10	1,40
учешће Oligochaeta-Tubificidae		10,00	25,00	40,00	70,00
ЕРТ индекс		7,00	5,00	2,00	1,00
број осетљивих таксона			4,00		
фитобентос					
IPS индекс		16	14	12	9
СЕЕ индекс		12	9	7	5
МИКРОБИОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ ОЦЕНЕ ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА					
укупни колиформи		500	10000	100000	1000000
фекални колиформи		100	1000	10000	100000
фекалне ентерококе		40	400	4000	40000
однос олиготрофних и хетеротрофних бактерија - ОБ/ХБ		10	1		
број аеробних хетеротрофа (метода Kohl)		500	10000	100000	750000

STATUS - POVRŠINSKE VODE



Izvor : Strategija Upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije, analize i istraživanja (Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd, 2015)

PRIKAZ STATUSA U PLANOVIMA UPRAVLJANJA - POVRŠINSKE VODE

STATUS

ocena statusa	boja
odličan	plava
dobar	zelena
umeren	žuta
slab	narandžasta
loš	crvena

POTENCIJAL

ocena potencijala	Način obeležavanja u planovima			
	značajno izmenjena vodna tela	boja	veštačka vodna tela	boja
dobar i bolji	jednake zelene i tamno-sive pruge		jednake zelene i svetlo-sive pruge	
umeren	jednake žute i tamno-sive pruge		jednake žute i svetlo-sive pruge	
slab	jednake narandžaste i tamno-sive pruge		jednake narandžaste i svetlo-sive pruge	
loš	jednake crvene i tamno-sive pruge		jednake crvene i svetlo-sive pruge	

STATUS PODZEMNIH VODA

HEMIJSKI STATUS

Pokazuje da li je vodno telo pod uticajem zagađivanja specifičnim zagađujućim supstancama.

Polazna koncentracija za zaustavljanje i preokret stalnih i značajnih uzlaznih trendova zagađujućih materija predstavlja **75%** granične vrednosti koncentracije za taj parametar. Izuzetno može se usvojiti da polazna koncentracija bude niža ili viša od 75% granične vrednosti koncentracija zagađujućih supstanci kada:

- ◆ se zahteva niža polazna koncentracija da bi se merama za promenu trenda zagađenja sprečilo ili umanjilo svako dalje pogoršanje kvaliteta podzemnih voda na ekonomski isplativ način;
- ◆ je izbor druge polazne koncentracije opravdan, odnosno kada granice detekcije ne dozvoljavaju da se odredi promena trenda zagađenja u visini od 75% vrednosti parametra;
- ◆ je stepen povećanja i promene trenda zagađenja takav da bi se za višu polaznu koncentraciju za promenu trenda zagađenja uvek lako primenile mere koje bi sprečile ili ublažile svaku dalju degradaciju kvaliteta podzemnih voda, na ekonomsko isplativ način.

Odabrana viša polazna koncentracija ne sme uticati na kašnjenje pri dostizanju ciljeva životne sredine za podzemne vode.

KVANTITATIVNI STATUS VODNOG TELA PODZEMNIH VODA

- ◆ nivo podzemnih voda;
- ◆ količine zahvaćenih voda;
- ◆ izdašnost izvora;
- ◆ količina vode za veštačko prihranjivanje.

Zavisno od tipa akvifera, za određivanje kvantitativnog statusa vodnog tela podzemnih voda mogu se koristiti i sledeći parametri:

- ◆ proticaj i vodostaj na vodotocima;
- ◆ padavine, infiltracija i isparavanje;
- ◆ temperatura vode;
- ◆ specifična električna provodljivost kao pokazatelj prodora visokomineralizovanih voda.

Ocena kvantitativnog statusa vodnih tela podzemnih voda se vrši na osnovu:

- ◆ **proračuna bilansa** podzemnih voda, na osnovu rezultata osmatranja parametara kvantitativnog statusa iz člana 17. na odabranim mernim mestima;
- ◆ **podataka o povezanosti** vodnih tela podzemnih voda sa površinskim vodama i kopnenim ekosistemima direktno zavisnih od podzemnih voda.

DOBAR KVANTITATIVNI STATUS ZA VODNO TELO PODZEMNE VODE JE POSTIGNUT AKO:

- ◆ Srednje višegodišnje zahvatanje podzemnih voda ne prevazilazi raspoloživi resurs podzemne vode,
- ◆ Na mernim mestima koja reprezentuju više od 70% površine vodnog tela nije registrovan trend opadanja nivoa podzemnih voda,
- ◆ Na mernim mestima koja reprezentuju više od 70% površine vodnog tela srednji nivo podzemne vode je viši od kritičnog nivoa procenjenog na osnovu tromesečnog višegodišnjeg minimuma nivoa,
- ◆ **Promena nivoa i količina podzemnih voda koja se zahvata za ljudske potrebe:**
 - (1) ne ugrožava dostizanje ciljeva životne sredine za površinske vode koje su povezane sa vodnim telom podzemnih voda,
 - (2) ne prouzrokuje značajnu degradaciju stanja površinskih voda povezanih sa vodnim telom podzemnih voda,
 - (3) ne prouzrokuje značajne i nepovoljne uticaje na kopnene ekosisteme zavisne od vodnih tela podzemnih voda.

HEMIJSKI STATUS POVRŠINSKIH VODA

ocena statusa	boja
dobar	plava
nije postignut dobar status	crvena

HEMIJSKI , KVANTITATIVNI I UKUPAN STATUS VODNIH TELA PODZEMNIH VODA

ocena statusa	boja
dobar	zelena
slab	crvena

- ◆ Sva merna mesta na vodnim telima na kojima su registrovane više vrednosti koncentracija zagađujućih materija od graničnih vrednosti, prikazuju se **crvenim tačkama na topografskim podlogama**.
- ◆ Vodna tela podzemnih voda na kojima postoji registrovan stalni i značajan uzlazni trend zagađujućih materija obeležavaju se crnom tačkom na topografskim podlogama
- ◆ Za vodna tela koja imaju loš status propisuju se mere koje je neophodno preduzeti da bi se dostigao dobar status vodnih tela. U slučajevima kada nije moguće postići odgovarajući status neophodno je obrazložiti razloge nepostizanja ciljeva životne sredine.

Procena nivoa (stepena) pouzdanosti ocene elementa kvaliteta ekološkog statusa		
Nivo pouzdanosti procene ekološkog statusa	Opis	Grafički prikaz na mapi
VISOK Nivo pouzdanosti	<p>Primenjuju se svi sledeći kriterijumi:</p> <p>Biologija:</p> <ul style="list-style-type: none"> Podatci monitoringa u skladu sa zahtevima ODV; Biološki monitoring je u potpunosti u skladu sa preduslovima za uzorkovanje/analize; U procesu interklabiracije primenjena je metodologija u skladu sa ODV ; Rezultati biološkog monitoringa su podržani (upotpunjeni)sa: <ul style="list-style-type: none"> Rezultatima hidroforoloh elemenata (parametara) kvaliteta (izmene strukture); Rezultatima fizičko- hemijskih elemenata kvaliteta (za nutrijente/ organske for nutrient/organic poll); Zbimi prikaz (procedura grupisanja) vodnih tela u skladu sa zahtevima ODV daje (prikazuje, predstavlja) prihvatljive (odgovarajuće, zadovoljavajuće) rezultate; <p>Hemija:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nacionalni standardi kvaliteta životne sredine su dostupni (koriste se) za specifične zagađujuće supstance i dovoljno podataka monitoringa u skladu sa učestalošću koju prpisuje (ODV); Zbimi prikaz (procedura grupisanja) vodnih tela u skladu sa zahtevima ODV daje (prikazuje, predstavlja) prihvatljive (odgovarajuće, zadovoljavajuće) rezultate; 	
SREDNJI nivo pouzdanosti	<p>Primenjuje se jedan od sledećih kriterijuma:</p> <p>Biologija:</p> <ul style="list-style-type: none"> U procesu interklabiracije primenjena je metodologija u skladu sa ODV; Podatci monitoringa su u skladu sa zahtevima ODV ali : <ul style="list-style-type: none"> Biološki rezultati nisu u skladu sa pratećim parametrima kvaliteta ; ili Samo nekoliko bioloških podataka je dostupno (Dostupan je samo mali broj bioloških podataka); Srednji nivo pouzdanosti u pogledu grupisanja vodnih tela; Biološki monitoring nije u potpunosti usaglašen sa preduslovima za uzorkovanje (uzimanje uzoraka) i analize (kao na primen neodgovarajući period uzimanja uzoraka); <p>Hemija:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nacionalni standardi kvaliteta životne sredine su dostupni (koriste se) za specifične zagađujuće supstance ali nedoljno dostupnih podataka monitoringa u skladu sa zahtevima WFD; Srednji nivo pouzdanosti u pogledu grupisanja vodnih tela. 	
NIZAK nivo pouzdanosti	<p>Primenjuje se jedan od sledećih kriterijuma:</p> <p>Biologija:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ne postoje (ne koriste se) metode i/ili podatci monitoringa u skladu sa ODV; Jednostavni zaključci na osnovu procene rizika standarda kvaliteta životne sredine (obavezna je ažurirana (upotpunjena, revidirana) procena rizika) <p>Hemija:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nepostojanje nacionalnih (državnih) standarda kvaliteta životne sredine, ali postoje podatci (zagađivanje, utvrđivanje(detektovanje)) 	